

Sari Pauku

## ENERGIATODISTUKSEN LASKENTAOHJELMA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekniikka ja merenkulku Pori

2009



# ENERGIATODISTUKSEN LASKENTAOHJELMA

Paukku, Sari  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2009  
Heinonen, Jarkko  
UDK: 620.9, 697.1  
Sivumäärä: 34

Asiasanat: Energiatehokkuus, energiankulutus, energiatodistukset

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli luoda laskentaohjelma energiatodistusten tekemiseen. Ohjelmaa on tarkoitus käyttää ensisijaisesti pienten asuinrakennusten energiatehokkuusluokan selvittämiseen. Lisäksi työssä tutkittiin erilaisten lähtöarvojen vaikutusta energiatehokkuuslukuun.

Ohjelman tekemisessä on käytetty apuna ympäristöministeriön laatimaa energiatodistus opasta, josta löytyy mallilaskelma pienestä asuinrakennuksesta. Oppaan esimerkin vaikutus laskentaohjelman luomiseen oli suuri, sillä siihen on yksityiskohtaisesti eritelty laskennan vaiheet. Laskentaohjelman luotettavuutta oli helppo seurata vertaamalla saatuja tuloksia oppaan esimerkissä oleviin tuloksiin. Laskentaohjelmalla saatu lopullinen energiatehokkuusluku poikkeaa hieman oppaan esimerkissä saadusta. Poikkeavat kohdat on eritelty opinnäytetyössä. Toinen tärkeä tietolähde oli suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5. Sieltä löytyvät kaikki energiankulutuksen laskentaan tarvittavat kaavat. Laskentaohjelma tehtiin Excel- ohjelmalla. Sen ominaisuudet soveltuivat hyvin laskentataulukoiden luomiseen.

Valmis laskentaohjelma on esitelty opinnäytetyössä mallitalon avulla. Mallikohteena toimi 1985 rakennettu omakotitalo. Lähtötietojen selvittäminen oli ajoittain hankalaa, koska kyseessä oli vanha talo. Kohteesta oli vanhat rakennuslupapiirustukset, joista saatiin tarvittavia tietoja. Kaikkia lähtötietoja ei kuitenkaan ollut saaville, joten osassa jouduttiin soveltamaan. Lopulliseksi energiatehokkuus luokaksi saatiin D-luokka.

Valmiilla ohjelmalla tutkittiin lähtötietojen vaikutusta energiatehokkuuslukuun. Opinnäytetyössä kokeiltiin erilaisia arvoja mallikohteen lähtötietoina. Saatuja tuloksia verrattiin todellisilla arvoilla laskettuihin. Tulokset olivat kiinnostavia, sillä pienet vaihtelut lähtöarvoissa vaikuttivat yllättävän paljon lopputuloksiin.

# CALCULATION PROGRAM FOR ENERGY CERTIFICATE

Paukku Sari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

May 2009

Heinonen Jarkko

UDC: 620.9, 697.1

Number of pages: 34

Key words: energy efficiency, energy consumption, energy certificate

---

The topic of this thesis was to create a program for calculating energy certificates. The program is intended to be primarily used for counting the energy efficiency class for small residential buildings. In addition, the impact of various starting values on the energy efficiency figure was studied in the thesis.

The energy certificate manual of Ministry of the Environment has been utilized to assist in creating the program as it includes a model calculation for a small residential building. The influence of the manual model on creating the program was significant because the stages of calculation were specified in detail. The reliability of the calculating program was easy to follow by comparing the results of the manual model to the received results. The result received with the calculating program differs slightly from the energy efficiency figure of the manual model. Divergence is itemized in the thesis. Another important source of information was the National Building Code in Finland part D5. It contains all the necessary formulas for the calculation of energy consumption. The calculation program was done with Excel program. It was well-suited to create spreadsheets.

A ready calculation program is presented in the thesis with the help of a model house. The model was a detached house built in 1985. Clarifying the starting values was at times difficult because the house in question was old. There were building permit drawings of the model house to achieve the necessary information. All the necessary data, however, was not available therefore some part had to be applied. The final energy efficiency class obtained was class D.

The completed program was used to examine the impact of the starting values on the energy efficiency figure. The thesis contained testing with different values as the starting values of the model house. The results were compared with the values calculated. The results were interesting since small variations in the starting values seemed to affect the final results remarkably.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ENERGIATODISTUS .....	7
2.1	Energiatodistukseen liittyvät lait ja asetukset .....	7
2.1.1	Laki rakennuksen energiatodistuksesta .....	8
2.1.2	Ympäristöministeriön asetus .....	8
2.2	Pien asuinrakennusten ja -rakennusryhmien energiatodistus .....	9
3	LÄHTÖTIETOJEN SELVITTÄMINEN ENERGIATODISTUSTA VARTEN .....	11
3.1	Bruttopinta-alan laskenta .....	11
3.2	Rakennusten ilmanpitävyys .....	12
4	LASKENTA-OHJELMAN TEKEMINEN .....	13
4.1	Energiatodistusoppaan esimerkin vaikutus laskentaohjelmaan .....	14
4.2	Esimerkistä poikkeavat kohdat .....	15
4.2.1	Rakennusmääräyskokoelman säätiedot .....	15
4.2.2	Esimerkissä pyöristetyt arvot .....	15
4.2.3	Ikkunoista tuleva auringon säteilyenergia .....	16
5	ESIMERKKI OHJELMALLA LASKETUSTA ENERGIATODISTUKSESTA .....	17
5.1	Ohje ohjelman käyttöön .....	17
5.2	Kohteen esittely .....	19
5.3	Kohteen lähtötiedot .....	20
5.3.1	Laajuustiedot .....	20
5.3.2	Rakennusosat .....	21
5.3.3	Maaperä .....	22
5.3.4	Ilmanvuotoluku .....	22
5.3.5	Ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde .....	23
5.3.6	Lämpimän käyttöveden kiertopiirin lämpöhäviöenergia .....	23
5.3.7	Lämpimän käyttöveden kulutus .....	24
5.3.8	Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus .....	24
5.3.9	Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat .....	25
5.3.10	Auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin .....	26
5.3.11	Jälkilämmityspattereiden jälkeinen tuloilman lämpötila .....	26
5.3.12	Tehollinen lämpökapasiteetti .....	27
5.4	Energiatehokkuusluvun laskenta ohjelmalla .....	27
5.5	Lopputulokset ja energiatodistuslomakkeen täyttö .....	28

6	LASKENTAOHJELMAN TESTAUS JA LOPPUPÄÄTELMÄT .....	31
6.1	Lähtötietojen vaikutus energiatehokkuuslukuun .....	31
6.2	Hyödyt ohjelman luomisesta ja edelleen kehittäminen .....	32
	LÄHTEET .....	34
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Energian kulutus ja sen säästäminen on ajankohtainen aihe ympäri maailman. Suomessa rakennukset kattavat lähes 40% koko energiankulutuksesta ja se vastaa samalla 30% hiilidioksidipäästöistä. Energiatodistusten tavoite on ohjata energiatehokkaaseen rakentamiseen ja parempaan energiatehokkuuteen. Ostajat voivat vertailla energiatodistuksen avulla rakennuksen energiakulutusta samaan tyyliin kuin esimerkiksi kodinkoneita ostettaessa.

Energiatodistukset ovat melko uusi asia rakentamisessa. Erilaisia maksullisia laskentaohjelmia löytyy jo markkinoilta. Energiatodistus annetaan nykyisin kaikista uusista rakennuksista, joten tarvetta ohjelmille riittää laajasti. Opinnäytetyön päätavoite on luoda toimiva ja helppokäyttöinen laskentaohjelma pienten asuinrakennusten energiatodistusten tekemiseen.

Vanhoille alle kuuden asunnon rakennuksille energiatodistuksen antaminen ei ole pakollista. On kuitenkin mahdollista että nekin tulevat tulevaisuudessa pakollisiksi. Energiatodistuksen voi antaa vanhoille taloille ja lisäksi se voi toimia myyntikeinona rakennusta myytäessä. Opinnäytetyössä tutkittiin millä keinoilla vanhojen rakennusten energiankulutusta selvitetään, ja minkälaisia ongelmia lähtötietojen hankinnassa voi kohdata. Lisäksi tutkittiin millä tavoin erilaiset lähtötiedot vaikuttavat energiatehokkuusluokitukseen, eli mitkä seikat huonontavat energiatehokkuuslukua ja mitkä parantavat.

Opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan pieniä asuinrakennuksia (enintään 6 asuntoa asuinrakennuksessa tai -rakennusryhmässä). Kaikki rakennukset kattavassa energiatodistusten laskentaohjelmassa muuttujien määrä on niin suuri että, ei nähty järkevänä alkaa niin laajaa ohjelmaa tekemään käytössä olleilla resursseilla.

## 2 ENERGIATODISTUS

Energiatodistus on energiatodistustlain mukainen asiakirja, joka on esitettävä rakennettaessa uutta sekä myytäessä tai vuokrattaessa rakennusta. Energiatodistuksesta selviää rakennuksen energiatehokkuus ja sen avulla voidaan verrata vastaavanlaisia rakennuksia toisiinsa. Energiatodistus voidaan toteuttaa neljällä tavalla, rakennuslupamenettelyn tai energiakatselmuksen yhteydessä, erillisenä energiatodistuksena tai isännöitsijätodistuksen osana. Energiatehokkuus määritellään laskennallisesti tai toteutuneiden energiakulutuksien perusteella. Laskettaessa energiakatselmuksen tai isännöitsijän todistuksen osana olevaa energiatodistusta käytetään laskennassa toteutuneita kulutusarvoja. Erillisessä energiatodistuksessa vaaditaan lisäksi ehdotus millä tavoin energiatehokkuutta voitaisiin parantaa. Uudiskohteissa eli rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja aina laskettaessa pienten rakennusten energiatodistusta käytetään laskennallista määrittelytapaa. (Ympäristöministeriö, 2007 A)

Energiatodistuksen tavoitteena on saada energiatehokkuus osto- ja vuokraustilanteissa merkittäväksi valintatekijäksi. Tällä tavalla kuluttajia voidaan ohjata tekemään energiaystävällisempiä valintoja. Energiatodistus auttaa myös kiinteistönomistajia kiinnittämään huomiota energian kulutukseen. (Motiva Oy, 2008).

### 2.1 Energiatodistukseen liittyvät lait ja asetukset

Laissa rakennuksen energiatodistuksesta on määritelty energiatodistukseen liittyvät yleiset asiat ja ympäristöministeriön asetus on tehty täydentämään lakitekstiä.

### 2.1.1 Laki rakennuksen energiatodistuksesta

Laki rakennuksen energiatodistuksesta tuli voimaan 1. tammikuuta 2008. Energiatodistus laaditaan joko luotettavien energian kulutustietojen perusteella tai laskennallisella menetelmällä. Energiatehokkuuden arvioinnissa käytettävät menetelmät on säädetty ympäristöministeriön asetuksessa. (Ympäristöministeriö, 2007 B).

Laissa on myös määrätty velvollisuus asettaa energiatodistus nähtäville myynti ja vuokraustilanteissa. Myyjä tai vuokranantaja on velvollinen asettamaan ostajan tai vuokralaisen nähtäville voimassa olevan energiatodistus, kun ollaan myymässä tai vuokraamassa rakennusta tai sen osaa tai myytäessä hallintaoikeutta. Energiatodistus vaatimus ei kosketa ennen lain voimaantuloa valmistuneita enintään kuuden asunnon asuinrakennuksia tai rakennusryhmää. (Ympäristöministeriö, 2007 B).

Haettaessa rakennuslupaa uudisrakentamista varten on hakemukseen liitettävässä energiaselvityksessä oltava pääsuunnittelijan antama rakennuksen energiatodistus. Ennen rakennuksen käyttöönottoa pääsuunnittelijan on myös varmennettava energiatodistuksen oikeellisuus. (Ympäristöministeriö, 2007 B).

### 2.1.2 Ympäristöministeriön asetus

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta on annettu 19. kesäkuuta 2007 ja se astui voimaan 1. tammikuuta 2008. Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan energiatehokkuusluvulla, joka saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla. Energiatehokkuusluku sisältää rakennuksen vuotuisen lämmitys-, sähkö- ja jäähdytysenergiamäärän. (Ympäristöministeriö, 2007 A).

Energiatodistuksessa käytetään rakennustyyppikohtaisia luokitteluasteikkoja, jotka määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Eri luokitteluasteikkoja on kymmenen ja opinnäytetyössäni olen keskittynyt pienet asuinrakennukset ryhmään. Asteikossa A-luokka kuvaa parasta mahdollista energiatehokkuusluokkaa ja G-luokka huonointa. Tavanomainen vuoden 2008 määräysten mukaan rakennettu rakennus on D-luokkaa. (Motiva Oy, 2008)



Energiatohokkuusluokan määrää energiatohokkuusluku eli ET-luku ( $\text{kWh}/\text{brm}^2/\text{vuosi}$ ), joka ilmoitetaan ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna. (Ympäristöministeriö, 2007 A).

## 2.2 Pien asuinrakennusten ja –rakennusryhmien energiatodistus

Pienten asuinrakennusten määrittely ja asteikko on esitetty ympäristöministeriön asetuksessa. Rakennukset on luokiteltu käyttötarkoituksen mukaan kolmeen ryhmään. Ensimmäinen on erilliset pientalot, jotka kattavat enintään 6 asunnon asuinrakennusryhmän. Toiseen ryhmään kuuluvat rivi- ja ketjutalot ja kolmanteen ryhmään asuin-kerrostalot, joissa ei myöskään saa olla yli kuutta asuntoa. Taulukossa 1. ”Energiatohokkuusluokittelu pienille asuinrakennuksille” on esitetty energiatohokkuusluokat, joihin rakennukset sijoittuvat niiden energiatohokkuusluvun mukaan.

Taulukko 1. Energiatohokkuusluokittelu pienille asuinrakennuksille, (Ympäristöministeriö, 2007 A).

Energiatohokkuusluokka	Energiatohokkuusluku (ET-luku, $\text{kWh}/\text{brm}^2/\text{vuosi}$ )
A	$\text{ET} \leq 150$
B	$151 \leq \text{ET} \leq 170$
C	$171 \leq \text{ET} \leq 190$
D	$191 \leq \text{ET} \leq 230$
E	$231 \leq \text{ET} \leq 270$
F	$271 \leq \text{ET} \leq 320$
G	$\text{ET} \geq 321$

Asunto-osakeyhtiöille ja vastaaville asuinrakennusryhmille ei anneta energiatodistusta jokaisesta asunnosta erikseen vaan yksi yhteinen energiatodistus. Uudiskohteissa energiatodistuksen antaa pääsuunnittelija. Todistuksen laadintaan osallistuu pääsuunnittelijan lisäksi erityissuunnittelijat. Tarvittavia lähtötietoja ovat esimerkiksi arkkitehdiltä saatavat rakennuksen laajuustiedot, rakennesuunnittelijalta saatavat rakennetiedot, sähkösuunnittelijalta saatavat sähkö- ja valaistusjärjestelmien tiedot sekä lvi-suunnittelijalta saatavat lämmitys-, ilmanvaihto- ja vesijärjestelmien tiedot. (Ympäristöministeriö, 2007 B).

Energiatodistus sisällytetään rakennuslupa-asiakirjoihin, ja arkistoidaan rakennusvalvontaviranomaisten arkistoon. Rakennuslupamenettelyn yhteydessä annettu enintään kuuden asunnon asuinrakennuksen tai rakennusryhmän energiatodistus on voimassa kymmenen vuotta. Tämän jälkeenkin energiatodistuksen laadintaa käytetään laskennallista menetelmää, eli suomen rakennusmääräyskokoelman osaan D5 perustuvaa laskentaa. (Ympäristöministeriö, 2007 B).

Olemassa olevista enintään kuuden asunnon asuinrakennusryhmistä ei tarvitse antaa energiatodistusta, mutta se voidaan kuitenkin antaa. Vapaaehtoisen energiatodistuksen on oltava energiatodistuksen ja -asetuksen mukainen. Energiatodistuksen voi tehdä pätevästi erillisen energiatodistuksen antaja. (Ympäristöministeriö, 2009).

Energiatodistuslomakkeita on kolme erilaista. 1. Pienet asuinrakennukset, 2. Muut rakennukset kuin pienet asuinrakennukset ja 3. Isännöitsijäntodistukseen sisältyvä energiatodistus. Lomakkeiden ulkomuoto ja värit on tarkasti määritelty ympäristöministeriön asetuksessa. Liitteessä 1. on mallina tyhjä pienten asuinrakennuksien lomake.

### 3 LÄHTÖTIETOJEN SELVITTÄMINEN ENERGIATODISTUSTA VARTEN

Pienille asuinrakennuksille on energiankulutus energiatodistusta varten laskettava aina Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5/2007 mukaan ja käyttäen asetuksen (765/2007) opastamalla tavalla määrättyjä lähtöarvoja:

- Pinta-alat
  - U-arvot (rakennuksen lämmönläpäisykertoimet)
  - Massiivisuus rakennuksen ominaisuuksien pohjalta
  - Ilmanvuotoluku (jos halutaan käyttää parempaa vaipanilmanvuotoluvun  $n_{50}$  arvoa kuin 4 l/h, on tehtävä mittaus tai esitettävä muu selitys)
  - Veden kulutus (määräytyy henkilömäärästä, jonka laskentaperusteena on asunnon makuuhuoneiden lukumäärä +1)
  - Laitesähkönkulutus (vakioarvo)
- (Ympäristöministeriö 2009).

#### 3.1 Bruttopinta-alan laskenta

Bruttopinta-alan laskennassa on käytetty tietoa, joka perustuu ympäristöministeriön asetuksen muutokseen. Samaa määrittelyä käytetään myös uusissa pienasuinrakennuksissa.

Rakennuksen energiatehokkuusluvun laskennassa pinta-alana käytetään standardin SFS 5139 mukaista bruttopinta-alaa, josta on vähennetty energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai rakennusryhmän lämmittämättömien tilojen osuus. Lämmittämättömällä tilalla tarkoitetaan tässä rakennusta tai sen osaa, jota ei ole varustettu lämmitysjärjestelmällä.

(Ympäristöministeriö, 2008)

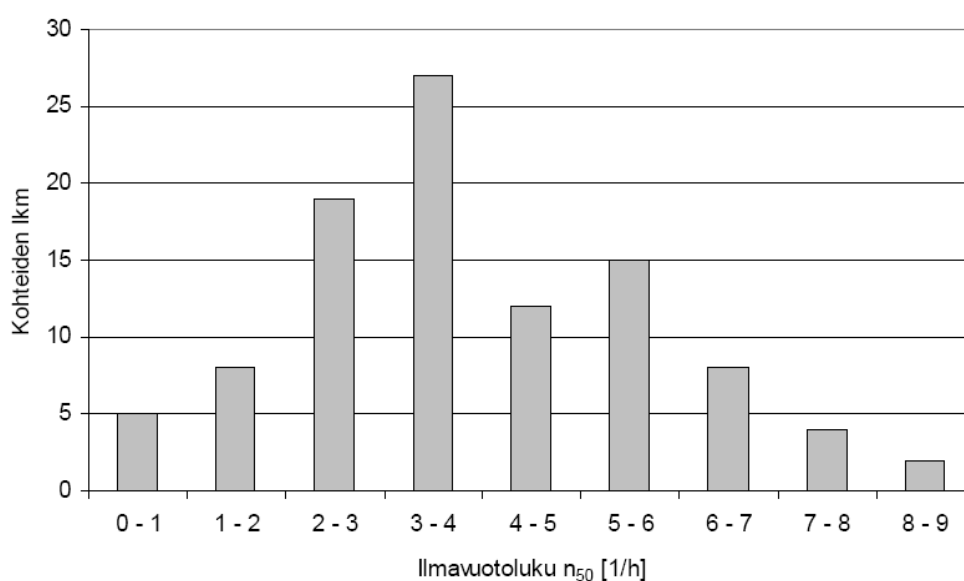
Bruttopinta-ala määritetään ulkoseinien ulkopinnan mukaan, joten laskennassa voi käyttää avuksi rakennuksen piirustuksia. Jos esimerkiksi vanhasta talosta ei löydy tarvittavia piirustuksia, pitää pinta-ala mitata erikseen paikan päällä.

### 3.2 Rakennuksen ilmanpitävyys

Energiatodistusta laskettaessa nousee merkittäväksi tekijäksi rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku  $n_{50}$ . Suomen rakentamismääräyskokoelman luvussa 4 on esitetty tyyppillisiä ilmanvuotolukuja rakennuksille niiden rakentamis- ja toteutustavasta riippuen. Vanhoissa rakennuksissa ilmapitävyys ei yleensä ole niin hyvä kuin uudemmissa. Ilmatiivyyteen vaikuttavat monet tekijät. Merkittävää on rakentamisessa käytetyt materiaalit, mutta myös työn laatu, jota on vaikeampi mitata.

Tampereen Teknillisen yliopiston Rakennustekniikan yksikkö on tehnyt aiheeseen liittyvän tutkimuksen, ”Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviyys”. Tutkimuksesta käy ilmi että joissakin rakennuksissa ilmanvuotoluku voi olla jopa lähellä 9 l/h. Tämä voi tarkoittaa energiatodistuksessa huomattavaakin energiatehokkuusluvun nousua, ja jopa energiatehokkuusluokan muutosta. Taulukossa 2. ”Puurunkoisten pientalojen ilmanvuotolukujen jakauma” on esitetty tutkimuksen tuloksia, joista käy ilmi että ilmanvuotoluku suurimmassa osassa testattuja rakennuksia sijoittuu 3l/h ja 5l/h välille.

Taulukko 2. Puurunkoisten pientalojen ilmanvuotolukujen jakauma  
(Tampereen teknillinen yliopisto, 2005)



**Kuva 7.1** 100:n puurunkoisen pientalon ilmavuotolukujen jakauma.

## 4 LASKENTAOHJELMAN TEKEMINEN

Energiatodistusten laskentaohjelmaa aloittaessa ensimmäinen ongelma oli työkaluna käytettävän ohjelman valinta. Varteenotettavimmat vaihtoehdot olivat Excel- taulukkolaskenta- ja Mathcad- ohjelma. Laskentaohjelma päädyttiin tekemään Excel- lillä.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta on määritelty energiatehokkuusluvun laskenta, jota opinnäytetyössä kehitetty laskentaohjelma noudattaa. Kuitenkin jo melko aikaisessa vaiheessa laskennasta jätettiin pois rakennuksen jäähdytysenergian kulutuksen laskenta. Ohjelmalla on tarkoitus laskea normaaleja ja pientaloja, joten ei ollut tarpeellista laajentaa ohjelmaa rakennuksiin joissa olisi erillisiä jäähdytettyjä tiloja. Jäähdytetyillä tiloilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaisia tiloja, joita käytetään esimerkiksi elintarvikkeiden säilytykseen. Ilmastointilaitteilla jäähdytetyt tilat sisältyvät laskentaan. Kuitenkin jos jäähdytysenergian kulutus on laskettu jollakin muulla keinolla, voidaan laskentaohjelmaa käyttää muilta osin energiatodistuksen laskentaan liittämällä jäähdytysenergian kulutus arvot taulukoihin.

Ohjelman teon edetessä ongelmakohdaksi ilmeni rakennuksen perustustyyppi. Laskenta oli erilainen rossipohjaiselle eli tuulettuvalle alapohjalle ja maanvaraiselle alapohjalle. Aluksi ratkaisua haettiin tekemällä vaihtoehtoisia kaavoja, mutta lopputulos oli epävarma. Helpoin ratkaisu oli, jakaa koko ohjelma kahteen eri taulukkoon, joista toinen laskee maanvaraiselle alapohjalle tarkoitettulla tavalla ja toinen tuulettuvalle. Tulossivuja tuli näin ollen myös kaksi erilaista.

Energiatodistuslomakkeiden ulkomuoto on tarkkaan säädetty ympäristöministeriön asetuksessa. Valmiita lomakepohjia on helposti saatavilla ympäristöministeriön kotisivuilta. Lomakepohjat ovat valmiiksi Pdf- tai Excel muodossa. Niitä ei pystynyt muokkaamaan niin että, olisi voitu yhdistää valmis pohja laskentaohjelmaan, joten ohjelman lopputulokset pitää erikseen siirtää pohjalle. Jotta siirtäminen olisi mahdollisimman helppoa, muotoiltiin lopputulossivut mahdollisimman samannäköiseksi.

#### 4.1 Energiatodistusoppaan esimerkin vaikutus laskentaohjelmaan

Energiatodistuksista löytyy paljon tietoa internetistä. Ympäristöministeriön kotisivuilta on ladattavissa Energiatodistusopas, joka toimi pohjana yhdessä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kanssa laskentaohjelman luomiseen. Energiatodistusopas 2007 Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen on ympäristöministeriön toimeksiannosta laadittu opas, jota on ollut tekemässä erikoistutkija Mikko Nyman ja tutkija Mikko Saari VTT:stä. Opas sisältää uudispientalon energiatodistuksen laskentaesimerkin, johon ohjelmassa käytettyjä kaavoja on verrattu. Sen avulla oli helppo todeta laskentavaiheiden oikeellisuus, koska eri kohdat oli esitetty yksityiskohtaisesti välituloksineen.

Energiatehokkuusluvun selvittämiseen pitää laskea koko rakennuksen energian kulutus, joten erilaisia kaavoja on runsaasti. Laskentaohjelman tekeminen aloitettiin jäsentelemällä Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D5 löytyvät kaavat Exceliin. Tämän jälkeen oli helpompi lähteä miettimään, mistä kaavoista laskenta kannattaa aloittaa, jotta siitä tulisi mahdollisimman looginen. Lopullinen laskentajärjestys noudatti melko hyvin D5:ssä olevia vaiheita, jotka menevät seuraavasti:

1. Lämpöhäviöenergiat (vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto)
2. Käyttöveden lämmitystarve
3. Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat
4. Laitesähköenergiankulutus
5. Lämpökuormat
6. Jäähdytysenergian tarve ja -kulutus sekä kesäajan sisälämpötila
7. Lämmitysenergiankulutus
8. Rakennuksen energiankulutus

#### 4.2 Esimerkistä poikkeavat kohdat

Laskentaohjelmalla laskettu energiatehokkuusluku ei ollut tarkalleen sama kuin Energiatodistusopas 2007 esimerkissä ollut. Oppaassa ET- luvuksi saatiin 222

kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi, kun taas ohjelmalla laskettu lopputulos on 220 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. Eroja syntyi erilaisissa laskennan vaiheissa.

#### 4.2.1 Rakennusmääräyskokoelman säätiedot

Laskennallista tapaa käyttäessä energiatodistuksen laskentaa otetaan aina kuukausittaiset keskilämpötilat noudattaen Jyväskylän mittausarvoja. Syöttäessä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 liitteessä 1 olevan taulukon L1.4 säätietoja omaan laskentaohjelmaan ilmeni ensimmäinen ero oppaan esimerkkiin. Varsinaiset kuukausiarvot olivat samoja kuin oppaan esimerkissä ja D5 liitteessä, mutta laskettaessa kuukausiarvojen keskiarvoa Excel antoi tuloksen 2,67 kun taas oppaassa ja D5 liitteessä oli arvona 2,76. Päätin käyttää ohjelmassa arvoa 2,67, koska sain saman tuloksen tarkistaessa keskiarvoa käsilaskimella.

#### 4.2.2 Esimerkissä pyöristetyt arvot

Eroja oppaan esimerkkiin syntyi myös pyöristystarkkuudesta johtuen. Eroja syntyi muutamissa kohdissa, ja ne vaikuttivat omalta osaltaan myös myöhemmissä laskennanvaiheissa. Erot olivat kuitenkin niin pieniä että, niiden vaikutus lopputulokseen oli melko vähäinen. Excel- taulukkolaskenta käyttää automaattisesti tarkkoja arvoja, joten pienet eroavaisuudet jäivät mukaan laskentaohjelmaan.

Eroja ilmeni kun laskettiin rakenteiden läpi johtuvaa energiaa  $Q_{\text{joht}}$ . Ikkunoista laskettu arvo oppaan esimerkissä oli 5481 kWh, kun taas laskentaohjelmassa 5458 kWh. Toinen ero oli vuotoilman lämmitykseen tarvitsemassa energiassa  $Q_{\text{vuotoilma}}$ . Oppaan esimerkissä oli laskettu arvoksi 3257 kWh ja laskentaohjelman antama arvo oli 3255 kWh. Kolmas eroavaisuus löytyi kohdasta jossa laskettiin ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa energiaa  $Q_{\text{iv}}$ . Oppaan esimerkin arvo oli 7371 kWh ja laskentaohjelman arvo 7379 kWh.

#### 4.2.3 Ikkunoista tuleva auringon säteilyenergia

Suurin eroavaisuus oppaan esimerkin tuloksiin ja laskentaohjelman tuloksiin syntyi ikkunoiden kautta tulevaa auringon säteilyenergiaa laskettaessa. Esimerkissä oli tuloksena 2393 kWh ja laskentaohjelmassa 2808 kWh. Eron syynä on hieman erilainen laskentatapa. Rakennusmääräyskokoelman osan D5 kaavalla (8.8) lasketaan  $F_{\text{läpäisy}}$  arvoa. Oppaan esimerkissä on otettu huomioon kehä-, verho- ja varjostuskerroin, jolloin kaikki kohdat lasketaan erikseen. Laskentaohjelman lähtötietojen hankinnan kannalta näin parempana käyttää suoraan arvoa 0,75, jota suositeltiin käytettäväksi D5 kohdassa 8.4.3, jos varjostuksia ja verhoja ei ole. Näin energiatodistusta laskettaessa ei tarvitse tietää onko rakennuksen ympärillä mahdollisesti varjostavia puita tai käytetäänkö ikkunoissa verhoja.

Toinen ero laskentatapaan tuli siitä että, ohjelmassa on käytetty kesäkuukausina toukokuusta syyskuuhun  $F_{\text{läpäisy}}$  kertoimen lisäksi kerrointa 0,3. Kertoimen tarkoitus on pienentää auringon säteilyn vaikutusta sisäilman lämpötilaan. Kertoimella saadaan estettyä sisälämpötilan liiallinen kohoaminen ja samalla lisäjähdytyslaitteiden hankinta ei tule tarpeelliseksi. Vaikka kerroin huonontaa energiatehokkuusluokkaa, sen katsottiin olevan tarpeellinen.

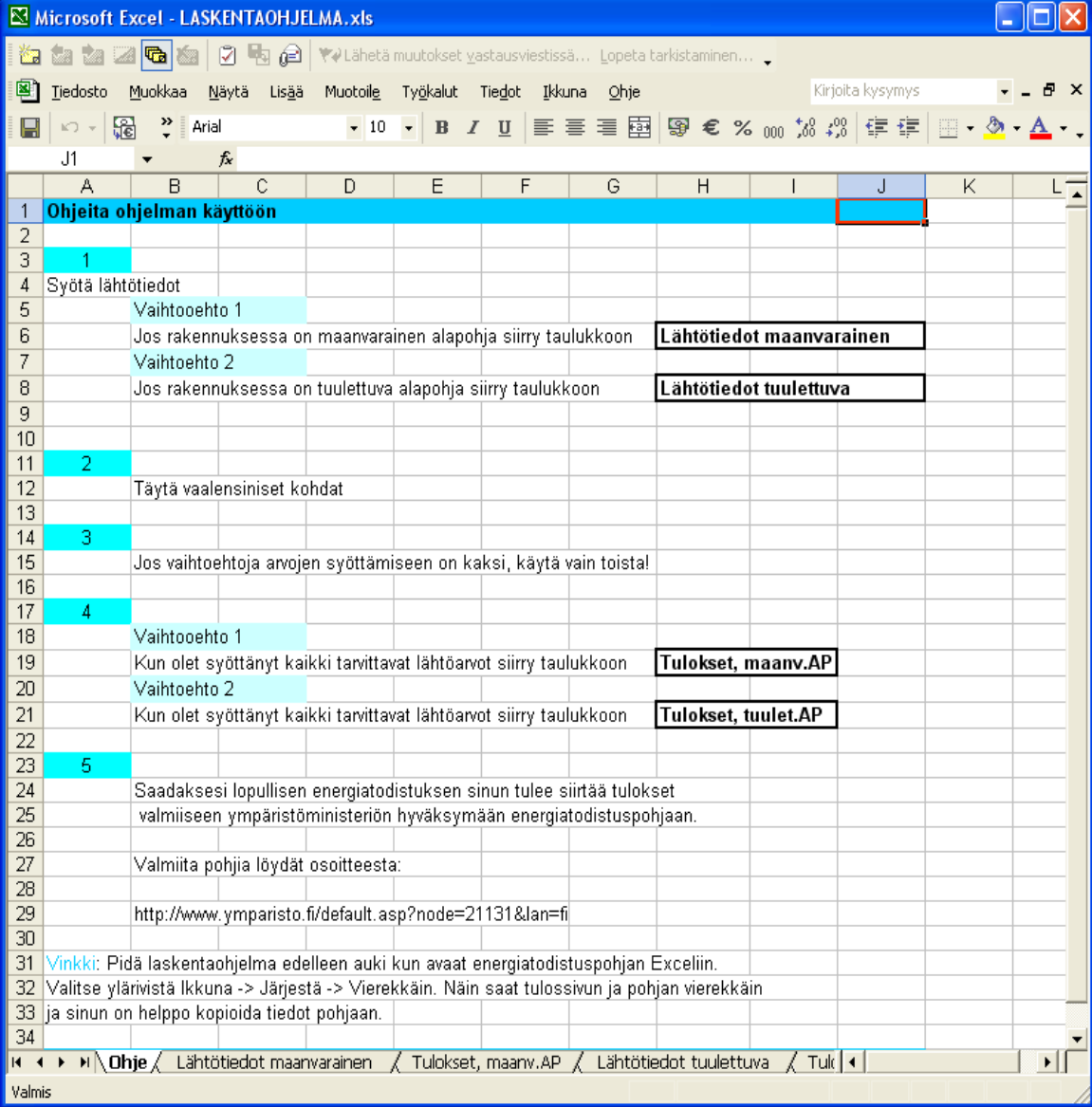


## 5 ESIMERKKI OHJELMALLA LASKETUSTA ENERGIATODISTUKSESTA

Energiatodistuksen laskenta joka perustuu laskennallisiin arvoihin noudattaa Suomen rakentamismääräyskokoelman antamia ohjeita. Energiankulutuksen laskentaan käytetään kokoelman osaa ”D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta”. Tässä esitelty menetelmä laskee energiankulutuksen kuukausittain ja vuosikulutus on näiden summa.

### 5.1 Ohje ohjelman käyttöön

Avattaessa laskentaohjelma ensimmäiselle sivulle aukeaa lyhyt ohje ohjelman käyttämisestä, kuva 1. ”Ohjelma käyttöohjeet”. Oleellista on se että, valitsee oikean lähtötieto- ja tulossivun sen mukaan, onko talossa tuulettuva alapohja vai maata vasten oleva. Esimerkki talossa on maanvarainen perustus. Toinen tärkeä asia on syöttää lähtötiedot niille varattuihin ruutuihin, jotka on väritetty vaaleansinisellä.



Kuva 1. Ohjelma käyttöohjeet

## 5.2 Kohteen esittely

Laskentaohjelman käyttöesimerkki on tehty vuonna 1985 valmistuneesta omakotitalosta. Rakennus on puolitoista kerroksinen ja se sijaitsee Loimaalla. Kohteessa on alakerroksessa vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys. Alun perin käytössä oli vain alakerta ja yläkerrassa oli viileä vintti. Lisätilantarpeen myötä yläkertaan valmistui vuonna 1999 lisähuoneita, joiden lämmityksessä käytetään vesiradiaattori-järjestelmää. Rakennukseen on tehty vesikattoremontti, jonka yhteydessä tarkastettiin yläpohjan eristeiden kunto. Lisäeristystä tai eristeiden uusimista ei koettu tarpeelliseksi. Kuva 2. Esimerkkikohde Loimaa 2008.



Kuva 2. Esimerkkikohde Loimaa 2008

### 5.3 Kohteen lähtötiedot

Kyseessä on vanha rakennus, joten lähtötietojen saaminen ei ollut aina niin yksinkertaista. Käytössä oli kohteen rakennuslupapiirustukset. Pohjapiirustuksista ja leikkauksesta löytyy skannatut kuvat liitteistä 2, 3 ja 4. Näin pystytään havainnollistamaan, minkälaisen asiakirjojen kanssa ollaan tekemisissä, kun selvitetään vanhan rakennuksen lähtötietoja.

Myöhemmin valmistunut yläkerta ei täysin vastannut piirustuksiin suunniteltua ratkaisua, joten osaa tiedoista jouduttiin soveltamaan. Lisäksi kohteessa oli kaksi erilaista lämmitysjärjestelmää, joka myös aiheutti asiaan parempaa perehtymistä. Kohteen omistaja on itse ollut rakentamassa taloa, joten häneltä saatiin yksityiskohtaisempaa tietoa eri rakennusosien materiaaleista, joka taas helpotti muun muassa U-arvojen laskentaa.

#### 5.3.1 Laajuustiedot

Aluksi ohjelmaan syötetään rakennuksen laajuustietoja. Lähtötiedot saatiin käyttämällä apuna liitteenä 2-4 olevia rakennuslupakuvia. Bruttoala on laskettu luvussa 3.1 kerrotulla tavalla. Huonekorkeutta on jouduttu soveltamaan, koska ylä- ja alakerta ovat niin erikorkuisia. Ilmatilavuus on laskettu seinien sisäpintojen mukaan. Lähtötietojen syöttäminen on esitetty kuvassa 3. Laajuustiedot.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	1							
3	Syötä rakennuksen laajuustiedot							
4		<b>Laajuustiedot</b>				Pinta-ala		
5								
6		Rakennustilavuus				545,0	rak-m3	
7		Bruttoala				184,0	brm2	
8		Kerroskorkeus				3,0	m	
9		Huonekorkeus				2,4	m	
10		Ilmatilavuus, V lämpimät tilat				378,0	m2	
11		Julkisivupinta-ala				163,0	m2	
12		Ikkunoiden pinta-ala				15,0	m2	
13								

Kuva 3. Laajuustiedot

### 5.3.2 Rakennusosat

Rakennusosien tietojen hankkiminen oli haastavaa, koska ennen lukujen syöttämistä piti laskea eri osien U-arvot. Pinta-alat sen sijaan selvisi helposti lupakuvista. Ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan U-arvojen laskentaan saatiin lisätietoja esimerkki-kohteen omistajalta, mutta ovien ja ikkunoiden arvot jouduttiin arvioimaan. Arviointi perustui suomen rakennusmääräyskokoelman osan C4 antamiin lukemiin. Alapohjaa laskettaessa ei huomioida maaperän lämmönvastusta. Lähtötietojen syöttäminen on esitetty kuvassa 4. Rakennusosat.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
13										
14	2									
15	Syötä rakennusosien tiedot									
16	<b>Rakennusosat</b>							<b>Pinta-ala</b>	<b>U-arvo</b>	
17								<b>(m2)</b>	<b>(W/m2K)</b>	
18										
19	<b>Ulkoseinät</b>									
20	Lautaverhoiltu puurunko, mineraalivilla 125mm									
21	+ tuulensuojavilla 50mm							163	0,28	
22										
23	Yht.									
24										
25	<b>Yläpohja</b>									
26	Peltinen harjakatto, puurunko mineraalivilla 125mm+100mm							175	0,24	
27										
28										
29	Yht.									
30										
31	<b>Alapohja</b>									
32	Maanvastainen teräsbet.laatta 80mm, Styrox 150mm							123	0,27	
33										
34										
35	Yht.									
36										
37	<b>Ovet</b>									
38	Puualumiinirunko							5,67	1,5	
39										
40										
41	Yht.									
42										
43	<b>Ikkunat</b>									
44	Pohjoiseen		MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi				5,04	1,9		
45	Koillinen									
46	Itään		MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi				2,02	1,9		
47	Kaakko									
48	Etelään		MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi				4,92	1,9		
49	Lounas									
50	Länteen		MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi				3	1,9		
51	Luode									
52	Yht.									
53										

Kuva 4. Rakennusosat















### 5.5 Lopputulokset ja energiatodistuslomakkeen täyttö

Esimerkkikohteessa lähtötietojen syöttämisen jälkeen siirrytään suoraan sivulle tulokset maanv.AP. Tältä sivulta selviää kaikki tarvittavat tiedot varsinaisen energiatodistuksen täyttämiseen. Kohdat ovat samassa muodossa kuin varsinaisessa ympäristöministeriön laatimassa energiatodistuspohjassa (LIITE 1), jotta ne on helppo siirtää siihen.. Kuvassa 16. Rakennuksen laajuustiedot näkyy tulokset- sivun ensimmäinen osuus johon on siirtynyt rakennuksen laajuustiedot.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Tulokset, Maanvarainen alapohja</b>								
2									
3	Tulokset tulee siirtää ympäristöministeriön asetuksen täyttävälle energiatodistuspohjalle,								
4	jotta todistus olisi vaatimusten mukainen.								
5									
6	Energiatodistuspohjalle tarvittavat lähtötiedot:								
7									
8	<b>Rakennuksen laajuustiedot</b>								
9	<b>Bruttoala</b>		184	<b>brm2</b>					
10	<b>Rakennetilavuus</b>		545	<b>rak-m3</b>		<b>Ilmatilavuus</b>		378	<b>m3</b>
11	<b>Huoneistoala</b>		160	<b>hum2</b>		<b>Henkilomäärä</b>		3	<b>kpl</b>
12									

Kuva 16. Rakennuksen laajuustiedot

Kuvassa 17. Rakenteet on näkyvissä rakennetiedot esimerkki kohteesta. Tiedot ovat siirtyneet suoraan lähtötietoja annettaessa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
13	<b>Rakenteet</b>									
14						Pinta-ala	U-arvo			
15	<b>Rakennusosat</b>					(m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)			
16										
17	<b>Ulkoseinät</b>									
18	Lautaverhoiltu puurunko, mineraalivilla 125mm						0	0		
19	+ tuulensuojavilla 50mm						163	0,28		
20	0						0	0		
21										
22	<b>Yläpohja</b>									
23	Peltinen harjakatto, puurunko mineraalivilla 125mm+100mm						175	0,24		
24	0						0	0		
25	0						0	0		
26										
27	<b>Alapohja</b>									
28	Maanvastainen teräsbet.laatta 80mm, Styrox 150mm						123	0,27		
29	0						0	0		
30	0						0	0		
31										
32	<b>Ovet</b>									
33	Puualumiinirunko						5,67	1,5		
34	0						0	0		
35	0						0	0		
36										
37	<b>Ikkunat</b>									
38	Pohjoiseen	MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi					5,04	1,9	Gkohtisuora Fkehä	0,75
39	Koillinen	0					0	0		0,75
40	Itään	MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi					2,02	1,9		0,75
41	Kaakko	0					0	0		0,75
42	Etelään	MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi					4,92	1,9		0,75
43	Lounas	0					0	0		0,75
44	Länteen	MSE-puualumiini, karmi 170, selektiivilasi					3	1,9		0,75
45	Luode	0					0	0		0,75
46										
47	<b>Tehollinen lämpökapasiteetti Crak,omin Wh/(brm2K)</b>						70			
48										

Kuva 17. Rakenteet

Lopuksi kuvassa 18. Ilmanvaihto ja energiatehokkuusluvun laskenta on nähtävissä lämpimän käyttöveden kulutus, sekä keskeisimmät energiatehokkuusluvun määrittämiseen tarvittavat tulokset sekä varsinainen energiatehokkuus luku, joka on 224 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. Ohjelma on pyöristänyt lopputulos arvon noudattaen normaaleja pyöristys sääntöjä, mutta koska energia todistuksissa käytetään aina ylöspäin pyöristettyjä arvoja, lopullinen energiatodistukseen tuleva arvo on 225 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi.

49	Ilmanvaihto							
50								
51	Lämpimän käyttöveden kulutus					54,75	m3/vuosi	
52								
53	Energiatehokkuusluvun laskenta							
54								
55	Lämmitysenergian kulutus					32048	kWh/vuosi	
56	Laitesähköenergian kulutus					9200	kWh/vuosi	
57	Jäähdytysenergian kulutus						kWh/vuosi	
58	Rakennuksen energiankulutus yhteensä					41248	kWh/vuosi	
59	Rakennuksen energiatehokkuusluku					224	kWh/brm2/vuosi	
60								

Kuva 18. Ilmanvaihto ja energiatehokkuusluvun laskenta

Alussa annettua ohjetta noudattaen avataan Exceliin sekä ohjelman tulossivu kuin varsinainen energiatodistus pohja. Siirretään arvot pohjalle ja täytetään tyhjäksi jäävät osoitetiedot sekä muut tarvittavat tiedot. Tämän jälkeen energiatodistus on tulostamista vaille valmis. Liitteenä 6. on vielä kuva kun sivut ovat rinnakkain auki Excel-ohjelmassa. Punainen nuoli näyttää miten ohjelman antamat arvot tulee siirtää energiatodistuspohjalle.

Lopuksi kun arvot on siirretty energiatodistuspohjalle, se muotoilee automaattisesti oikean näköisen energiatodistuksen, ja sijoittaa saadun energiatehokkuusluvun oikeaan energiatehokkuus luokkaan. Esimerkki kohteessa energiatehokkuusluokaksi tuli D-luokka. Liitteenä 7. on kuva lopullisesta energiatodistuksesta.

## 6 LASKENTAOHJELMAN TESTAUS JA LOPPUPÄÄTELMÄT

### 6.1 Lähtötietojen vaikutus energiatehokkuuslukuun

Laskentaohjelman valmistuttua oli helppo testata, millä tavoin eri lähtöarvot vaikuttivat energiatehokkuuslukuun. Testattua ohjelmaa eri arvoilla saatiin muun muassa seuraavanlaisia tuloksia.

Bruttopinta-alan laskennassa kannattaa käyttää tarkkuutta sillä sen vaikutus on erittäin suuri. Mallikohteessakin olisi voinut mitata rakennuksen ulkomitat paikan päällä, sillä vanhat lupakuvat eivät välttämättä ole kovin tarkkoja. Jos mallitalon bruttopinta-ala olisi ollut esimerkiksi  $178\text{m}^2$  eikä  $184\text{m}^2$  niin energiatehokkuusluokka olisi pudonnut D:stä E:hen.

Maalajin merkitys oli myös yllättävän suuri. Malliesimerkin rakennus sijaitsee savisella maalla, mutta jos se olisikin kalliolla, niin energiatehokkuus luvuksi tulisi  $230\text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi}$ , joka on D ja E-luokan raja-arvo.

Luvussa 3.2 käsiteltiin TTY:n tutkimusta jossa oli testattu talojen ilmanpitävyyttä. Huonoimmissa tapauksissa ilmanvuotoluku oli yltänyt lähes  $9\text{l/h:ssa}$ . Myös tämän ominaisuuden vaikutus pystyttiin testaamaan ohjelmalla. Esimerkkitalon ET- luku tippui 225:stä lukuun  $245\text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi}$  kun vaihtoi alkuperäisen  $4\text{l/h}$  arvoon  $9\text{l/h}$ . Elikä muutos on erittäin suuri ja ET- luokka huononi D:stä E:hen.

Maalaisjärjellä ajateltuna kuulostaisi energiatehokkaalta että, samassa taloudessa asuisi mahdollisimman monta henkilöä. Energiatodistuslaskennassa näin ei ole. Laskenta ottaa huomioon vain ihmisistä aiheutuvan vedenkulutuksen. Eli jos esimerkki-kohteessa makuuhuoneita olisi kahden sijaan ollutkin vaikka neljä, ET- luku olisi muuttunut 225:stä lukuun  $233\text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi}$ . Näin myös makuuhuoneiden lukumäärä sai ET- luokan tippumaan D:stä E:hen.

Tulokset ovat kiinnostavia sillä, energiatodistuksen avulla on tarkoitus verrata samantapaisia rakennuksia toisiinsa. Kuitenkin arvot jotka eivät liity talon varsinaisiin energiatehokkuusominaisuuksiin kuten maalaji vaikuttavat niin suuresti energiatehokkuuslukuun.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli selvittää millä keinoilla vanhojen rakennusten energiankulutusta selvitetään, ja minkälaisia ongelmia lähtötietojen hankinnassa voi kohdata. Joitakin ongelmia ilmeni lähtötietojen hankinnassa, mutta energiatodistuksen laatiminen oli kuitenkin mahdollista kun apuna olivat rakennuslupapiirustukset. Ilman niitä lähtötietoja olisi ollut vaikea hankkia. Kokonaisuutena energiatodistuksen laatiminen vanhalle asuinrakennukselle on melko iso urakka ja se vaatii todistuksen tekijältä perehtymistä asiaan.

## 6.2 Hyödyt ohjelman luomisesta ja edelleen kehittäminen

Ohjelma on suunniteltu pienten rakennusten energiatodistusten laskemiseen. On kuitenkin mahdollista soveltaa laskentaa myös isompiin rakennuksiin. Henkilökohtaisella tasolla aiheen valinta on osoittautunut onnistuneeksi, koska tuoreena talonrakennuksen ammattilaisena minulla on hyvät mahdollisuudet hyödyntää ohjelmaa myös työelämässä. Aiheeseen lisäperehtymisen jälkeen minulla on myös hyvät edellytykset hakea erillisen energiatodistuksen antajan pätevyyttä. Pätevyyttä voi hakea FISE Oy:ltä tai Kiinteistöalan koulutussäätiöltä.

Laskentaohjelmaa tehtäessä Excel osoittautui hyväksi valinnaksi, sillä siihen oli helppo rakentaa energiankulutuksen laskemiseen tarvittavia taulukoita. Lisäksi useat kohdat piti laskea erikseen kuukausittain ja Excel mahdollisti kaavojen kopioinnin helposti ja vaivattomasti.



Opinnäytetyön päätavoitteena oli luoda toimiva ja helppokäyttöinen laskentaohjelma pienten asuinrakennusten energiatodistusten tekemiseen. Laskentaohjelma toimii kohtalaisen hyvin energiatodistuksen laadintaan, joten tavoite tuli mielestäni täytyksi. Ohjelmaan jäi kuitenkin vielä kehittämiskohteita. Esimerkiksi rakennusosien U-arvojen laskentaa voisi helpottaa niille tarkoitettuja kaavoja lisäämällä ohjelmaan. Näin lähtötietojen hankkiminen nopeutuisi, koska U-arvojen laskentaan ei kuluisi ylimääräistä aikaa.

Lisäksi ohjelmalla voisi tutkia laajemmin lähtötietojen vaikutusta energiatehokkuuslukuun. Sillä jo nyt saadut tulokset olivat kiinnostavia siinä mielessä että, pienetkin muutokset lähtötiedoissa voivat vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi.

## LÄHTEET

Motiva Oy 2008. Tietoisku energiatodistus, [verkkodokumentti]. Helsinki 2007 [Viitattu 10.3.2009]. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/energiatodistus/midcom-serveattachmentguid-0aa37e5b7214d3c42a24e3c988e84eab/tietoisku\\_energiatodistus\\_fi.pdf](http://www.motiva.fi/energiatodistus/midcom-serveattachmentguid-0aa37e5b7214d3c42a24e3c988e84eab/tietoisku_energiatodistus_fi.pdf)

Tampereen teknillinen yliopisto 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys, Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 131. Tampere

Ympäristöministeriö 2007. Asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Suomen säädöskokoelma 765/2007, Helsinki: 19.6.2007 A

Ympäristöministeriö 2007. Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Suomen säädöskokoelma 487/2007, Helsinki: 13.4.2007 B

Ympäristöministeriö 2007. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: 2007 C

Ympäristöministeriö 2007. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D3, Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: 2007 D

Ympäristöministeriö 2008. Asetus rakennuksen energiatodistuksesta annetun asetuksen muuttamisesta Helsinki: 16.12.2008

Ympäristöministeriö 2009. Energiatodistusopas 2007 Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen, Helsinki: 12.1.2009

## LIITTELUETTELO

LIITE 1	Energiatodistus lomakepohja, Pienet asuinrakennukset
LIITE 2	Esimerkkikohteen pohjapiirros
LIITE 3	Esimerkkikohteen pohjapiirroksia ja julkisivu kuvia
LIITE 4	Esimerkkikohteen lupakuvat, leikkauspiirros
LIITE 5	Kuvankaappaus laskentaohjelmasta
LIITE 6	Lopputulosten siirtäminen Excelissä
LIITE 7	Mallikohteen energiatodistus

<h1>ENERGIATODISTUS</h1>																													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <b>Rakennus</b>            Rakennustyyppi:            Osoite:         </div> <div style="width: 45%;">           Valmistumisvuosi:            Rakennustunnus:             Asuntojen lukumäärä:         </div> </div>																													
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu <input type="checkbox"/> rakennuslupamennettelyn yhteydessä <input type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">ET-luku</th> <th style="width: 55%;">Vähän kuluttava</th> <th style="width: 30%;">Rakennuksen ET-luokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- 150</td> <td><div style="width: 10%; height: 15px; background-color: #006400; border: 1px solid black;"></div> <b>A</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>151 - 170</td> <td><div style="width: 20%; height: 15px; background-color: #6B8E23; border: 1px solid black;"></div> <b>B</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>171 - 190</td> <td><div style="width: 30%; height: 15px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></div> <b>C</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>191 - 230</td> <td><div style="width: 40%; height: 15px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></div> <b>D</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>231 - 270</td> <td><div style="width: 50%; height: 15px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></div> <b>E</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>271 - 320</td> <td><div style="width: 60%; height: 15px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></div> <b>F</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>321 -</td> <td><div style="width: 70%; height: 15px; background-color: #DC143C; border: 1px solid black;"></div> <b>G</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><i>Paljon kuluttava</i></td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px; padding: 10px; border: 1px solid black;"> <p>Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/bm<sup>2</sup>/vuosi):</p> <p>Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Pienet asuinrakennukset</p> <p><small>Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.            Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.</small></p> </div>			ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka	- 150	<div style="width: 10%; height: 15px; background-color: #006400; border: 1px solid black;"></div> <b>A</b>		151 - 170	<div style="width: 20%; height: 15px; background-color: #6B8E23; border: 1px solid black;"></div> <b>B</b>		171 - 190	<div style="width: 30%; height: 15px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></div> <b>C</b>		191 - 230	<div style="width: 40%; height: 15px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></div> <b>D</b>		231 - 270	<div style="width: 50%; height: 15px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></div> <b>E</b>		271 - 320	<div style="width: 60%; height: 15px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></div> <b>F</b>		321 -	<div style="width: 70%; height: 15px; background-color: #DC143C; border: 1px solid black;"></div> <b>G</b>		<i>Paljon kuluttava</i>		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka																											
- 150	<div style="width: 10%; height: 15px; background-color: #006400; border: 1px solid black;"></div> <b>A</b>																												
151 - 170	<div style="width: 20%; height: 15px; background-color: #6B8E23; border: 1px solid black;"></div> <b>B</b>																												
171 - 190	<div style="width: 30%; height: 15px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></div> <b>C</b>																												
191 - 230	<div style="width: 40%; height: 15px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></div> <b>D</b>																												
231 - 270	<div style="width: 50%; height: 15px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></div> <b>E</b>																												
271 - 320	<div style="width: 60%; height: 15px; background-color: #FF4500; border: 1px solid black;"></div> <b>F</b>																												
321 -	<div style="width: 70%; height: 15px; background-color: #DC143C; border: 1px solid black;"></div> <b>G</b>																												
<i>Paljon kuluttava</i>																													
Todistuksen antaja:   Allekirjoitus:		Todistuksen tilaaja:   Viimeinen voimassaolopäivä:																											

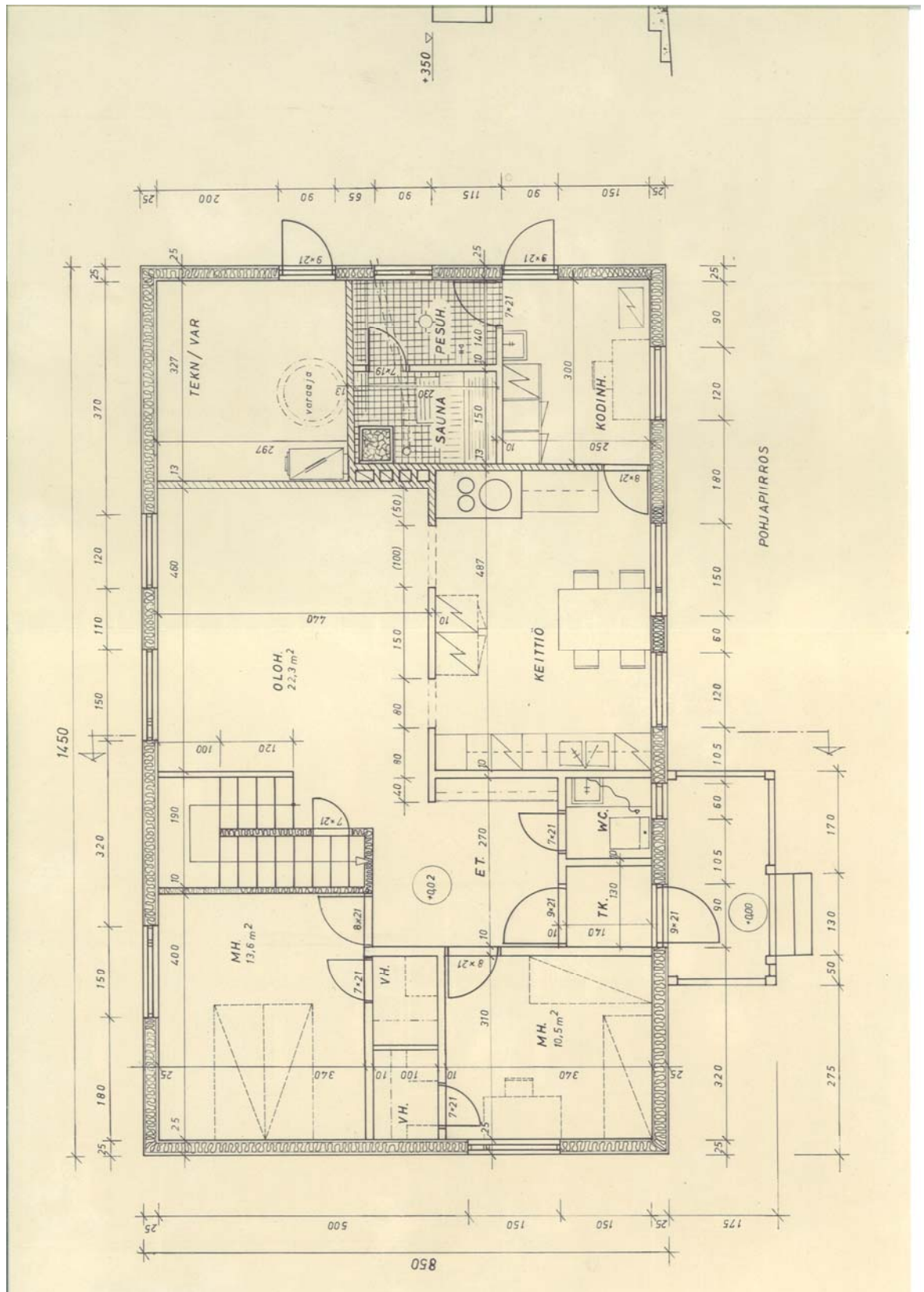
Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

## ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuksen laajuustiedot					
Bruttoala	brm <sup>2</sup>				
Rakennustilavuus	rak-m <sup>3</sup>	Ilmatilavuus	m <sup>3</sup>		
Huoneistoala	hm <sup>2</sup>	Henkilömäärä			
Rakenteet					
<u>Rakennusosat</u>		Pinta- ala (m <sup>2</sup> )	U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)		
Ulkoseinät					
Yläpohja					
Alapohja					
Ovet					
Ikkunat				g <sub>ikk</sub>	F <sub>ikk</sub>
Pohjoiseen					
Itään					
Etelään					
Länteen					
Tehollinen lämpökapasiteetti C <sub>rak omin</sub> Wh/(brm <sup>2</sup> K)					
Ilmanvaihto					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n <sub>50</sub>				1/h	
Ilmanvaihdon polistolimavirta				m <sup>3</sup> /s	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde				%	
Vedenkulutus					
Lämpimän käyttöveden kulutus				m <sup>3</sup> /vuosi	
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus					
				kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Lämmitysjärjestelmät					
Lämmönkehitys	sisältää käyttöveden lämmityksen			kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa					
Lämmönvaraajat					
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo				kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
- kiertojohdoin on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita				kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Energiatodistuksen laskenta					
Lämmitysenergian kulutus				kWh/vuosi	
Laitesähköenergian kulutus				kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus				kWh/vuosi	
Rakennuksen energiankulutus yhteensä				kWh/vuosi	
Rakennuksen energiatodistuksen laskenta				kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	

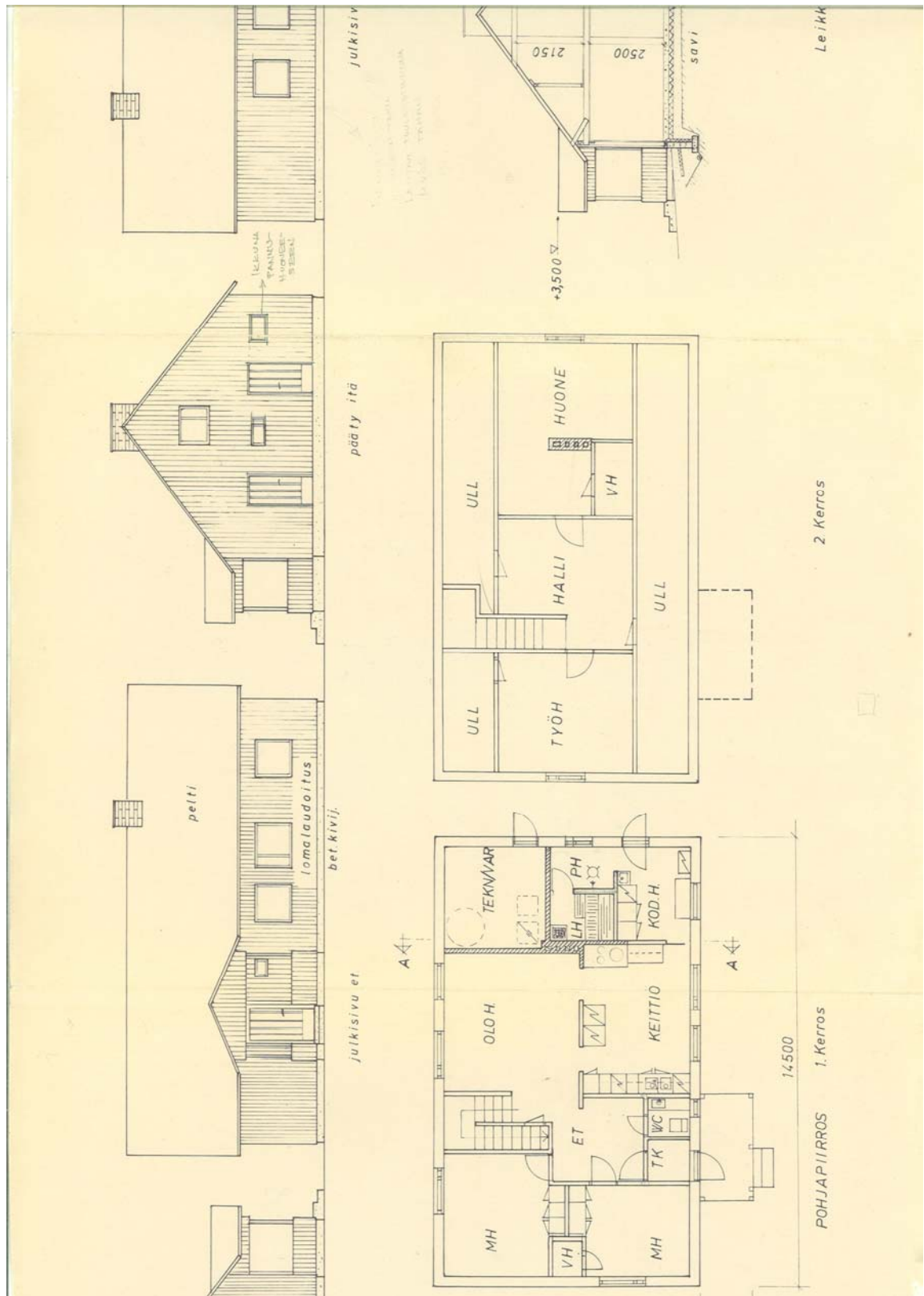
# LIITE 2

## Esimerkkikohteen pohjapiirros

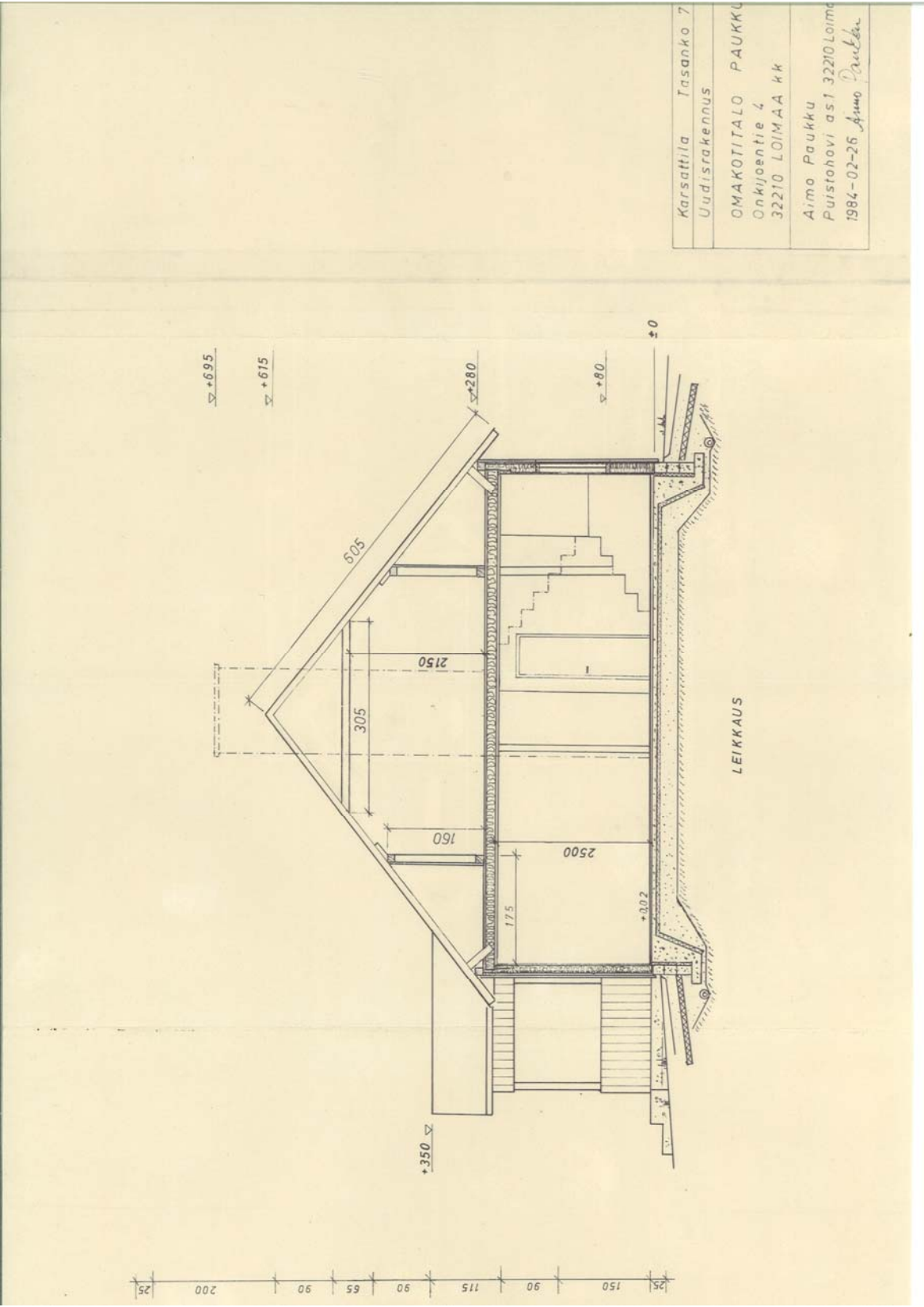


# LIITE 3

Esimerkkikohteen pohjapiirroksia ja julkisivu kuvia



Esimerkkikohteen leikkauspiirros





## Kuvankaappaus laskentaohjelmasta

[illegible]

Lopputulosten siirtäminen Excelissä

Microsoft Excel

Tiedosto Muokkaa Näytä Lisää Muotoilg Työkalut Tiedot Ikkuna Ohje

C5

184

kirjoita kysymys

€ % 000 00 00

↕ ↕ ↕

LASKENTAOHJELMA.xls

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

3	Rakennuksen laajuuksiedot								
5	Bruttoala	184	brm²						
6	Rakennustilavuus	545	rak-m³						
7	Huoneistoala	160	hum²						
9	Rakenteet								
11	Rakennusosat								
13	Ulkoseinät								
14	Lautaverhoilu puurunko, mi.villa 125mm + tuulens. 50mm								
16	Yläpohja								
17	Peltinen harjakatto, puurunko min.villa 125+100mm								
19	Alapohja								
21	Maanvastainen teräsbet.laatta 80mm, styrox 150mm								
23	Ovet								
24	Puualumiinirunko								
26	Ikkunat								
27	Pohjoiseen								
28	Itään								
29	Etelään								
30	Länteen								
32	Tehollinen lämpökapasiteetti C <sub>ak,omin</sub> , Wh/(brm² K)								
34	Ilmanvaihto								

LASKENTAOHJELMA.xls

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

4	jotta todistus olisi vaatimusten mukainen.								
5	Energiatodistuspohjalle tarvittavat lähtötiedot:								
8	Rakennuksen laajuuksiedot								
9	Bruttoala	184	brm²						
10	Rakennustilavuus	545	rak-m³						
11	Huoneistoala	160	hum²						
13	Rakenteet								
15	Rakennusosat								
17	Ulkoseinät								
18	Lautaverhoilu puurunko, mineraalivilla 125mm								
19	+ tuulensuojavilla 50mm								
20									
22	Yläpohja								
23	Peltinen harjakatto, puurunko mineraalivilla 125mm+100mm								
24									
25									
26									
27	Alapohja								
28	Maanvastainen teräsbet.laatta 80mm, Styrox 150mm								
29									
30									
31									
32	Ovet								
33	Puualumiinirunko								
34									
35									
36									
37	Ikkunat								

Ohje

Lähtötiedot maanvarainen

Tulokset, maanv.AP

Lähtötiedot tuulettuva

Tulokset

Solu C5, kommentin lisäily: Tee muu vesanen

Käynnistä

LASKENTAOHJELMA.xls

ETLomaa.xls

FI

15:31

## Mallikohteen energiatodistus

ENERGIATODISTUS																													
<b>Rakennus</b> Rakennustyyppi: <b>Erillinen pientalo</b> Osoite: <b>Loimaa</b>	Valmistumisvuosi: <b>1985</b> Rakennustunnus:  Asuntojen lukumäärä: <b>1</b>																												
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu <input type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä <input checked="" type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">ET-luku</th> <th style="width: 60%;">Vähän kuluttava</th> <th style="width: 25%;">Rakennuksen ET-luokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- 150</td> <td><div style="width: 10%; background-color: #006400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>A</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>151 - 170</td> <td><div style="width: 20%; background-color: #6b8e23; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>B</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>171 - 190</td> <td><div style="width: 30%; background-color: #c4c400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>C</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>191 - 230</td> <td><div style="width: 40%; background-color: #ffcc00; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b></td> <td><div style="width: 10%; background-color: #000000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b></td> </tr> <tr> <td>231 - 270</td> <td><div style="width: 50%; background-color: #ff9900; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>E</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>271 - 320</td> <td><div style="width: 60%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>F</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>321 -</td> <td><div style="width: 70%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>G</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">Pahon kuluttava</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;">           Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/bm<sup>2</sup>/vuosi): <span style="float: right; font-size: 1.2em;"><b>225</b></span>            Energiatehokkuusluvun luokitteluluokitus: Pienet asuinrakennukset            Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.            Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.         </div>			ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka	- 150	<div style="width: 10%; background-color: #006400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>A</b>		151 - 170	<div style="width: 20%; background-color: #6b8e23; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>B</b>		171 - 190	<div style="width: 30%; background-color: #c4c400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>C</b>		191 - 230	<div style="width: 40%; background-color: #ffcc00; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b>	<div style="width: 10%; background-color: #000000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b>	231 - 270	<div style="width: 50%; background-color: #ff9900; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>E</b>		271 - 320	<div style="width: 60%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>F</b>		321 -	<div style="width: 70%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>G</b>		Pahon kuluttava		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka																											
- 150	<div style="width: 10%; background-color: #006400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>A</b>																												
151 - 170	<div style="width: 20%; background-color: #6b8e23; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>B</b>																												
171 - 190	<div style="width: 30%; background-color: #c4c400; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>C</b>																												
191 - 230	<div style="width: 40%; background-color: #ffcc00; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b>	<div style="width: 10%; background-color: #000000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>D</b>																											
231 - 270	<div style="width: 50%; background-color: #ff9900; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>E</b>																												
271 - 320	<div style="width: 60%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>F</b>																												
321 -	<div style="width: 70%; background-color: #cc0000; height: 15px; display: inline-block;"></div> <b>G</b>																												
Pahon kuluttava																													
Todistuksen antaja: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>Sari Paukku</b></div>	Todistuksen tilaaja: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>Matti Tilaaja</b></div>																												
Allekirjoitus:																													
Todistuksen antamispäivä: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>1.1.2009</b></div>	Viimeinen voimassaolopäivä: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>1.1.2019</b></div>																												

# ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LAHTOTIEDOT

## Rakennuksen laajuustiedot

Bruttoala	184 brm²		
Rakennusala	545 rak-m²	Ilmatalavuus	378 m³
Huoneistoala	160 huoneisto-m²	Henkilömäärä	3

## Rakenne

Rakennusosat	Pinta-ala (m²)	U-arvo (W/m²K)		
<b>Ulkoseinät</b>				
Lautaverhoilu puurunko, min.villa 125mm + tuulens. 50mm	163	0,28		
<b>Yläpohja</b>				
Peltinen harjakatto, puurunko min.villa 125+100mm	175	0,24		
<b>Alapohja</b>				
Maanvastainen teräsbet.laatta 80mm, styrox 150mm	123	0,27		
<b>Ovet</b>				
Puualumiinirunko	5,67	1,5		
<b>Ikkunat</b>			G <sub>ichäus</sub>	F <sub>ichä</sub>
Pohjoiseen	5,04	1,9	0,7	0,75
Itään	2,02	1,9	0,7	0,75
Etelään	4,92	1,9	0,7	0,75
Länteen	3	1,9	0,7	0,75
Tehollinen lämpökapasiteetti C <sub>rak-osa</sub> Wh/(brm² K)	70			

## Ilmarvaihto

Rakennuksen ilmarvuotoluku n <sub>50</sub>	4	1/h
Ilmarvaihdon poistoilmavirta	0,5	m³/s
Ilmarvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	50	%

## Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	54,75	m³/vuosi
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus	kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>

## Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	sisältää käyttöveden lämmityksen	kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa			
Lämmönvaraajat			
Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä		kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
- kiertojärjestelmään on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>

## Energiatodistuksen laskenta

Lämmitysenergian kulutus	32 048 kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	9 200 kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus	0 kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä	41 248 kWh/vuosi
Rakennuksen energiatehokkuusluku	225 kWh/brm²vuosi